

DE 100 64 730 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlzylinders aus Quarzglas, umfassend ein Abscheiden von SiO_2 -Partikeln auf einem länglichen, um seine Längsachse rotierenden Träger unter Bildung eines porösen Rohlings, und Verglasen des in vertikaler Ausrichtung in einem Ofen hängenden Rohlings unter Einsatz einer Aufhängung, die an einer im oberen Bereich der Innenbohrung des Rohlings vorgesehenen Verengung angreift.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Quarzglasrohr und ein optisches Bauteil aus Quarzglas, umfassend eine lichtführende Struktur, die durch eine koaxiale Aufeinanderfolge von Quarzglasschichten unterschiedlicher Brechzahl gebildet wird.

[0003] Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, mit einem um seine Längsachse rotierbaren, im wesentlichen zylinderförmigen Träger, auf dessen Zylindermantelfläche SiO_2 -Partikel unter Bildung eines eine Innenbohrung aufweisenden, porösen Rohlings abgeschieden werden, und mit einer in die Innenbohrung eingreifenden Aufhängung zur Halterung des Rohlings in vertikaler Ausrichtung während eines Verglasungsschritts.

[0004] Die Herstellung von Vorformen für optische Fasern erfolgt häufig über ein Zwischenprodukt in Form eines porösen Rohlings aus Siliciumdioxid-Ruß (im folgenden auch als "Rohling" oder "Sootzylinder" bezeichnet). Die Weiterverarbeitung des Sootzylinders umfasst einen Verglasungsschritt, bei welchem der Sootzylinder in einem Verglasungs-ofen hängend erhitzt und dabei zu einem dichten Quarzglasrohr verglast wird. Für die Halterung des Sootzylinders während des Verglasungsschritts wurden eine Vielzahl von Maßnahmen vorgeschlagen.

[0005] Bei dem aus der US-A 4,252,251 bekannten Verfahren besteht die Halterung aus einem Platindraht, der sich durch eine radiale Durchgangsbohrung im oberen Bereich des Sootkörpers erstreckt und an dem der Sootkörper aufgehängt wird.

[0006] In der DE-A 129 06 070 wird eine Halterung vorgeschlagen, bei dem ein Quarzglasrohr von oben in die Innenbohrung eingesetzt wird, das an seinem unteren, zur Einführung in den Sootzylinder bestimmten Ende höckerartige Verdickungen aufweist. Zur Verankerung des Quarzglasrohrs in der Innenbohrung werden die Verdickungen um 90° verdreht, so dass sich diese in das weiche Sootmaterial ein-graben.

[0007] Diese Verfahrensweisen gehen mit störendem Abrieb einher und gewährleisten, insbesondere bei großvolumigen, schweren Sootkörpern, keine sichere Handhabung.

[0008] Schließlich ist aus der US-A 4,362,545 eine Halterung bekannt, bei der eine Hülse während des Abscheidens der SiO_2 -Partikel über einen Teil ihrer Länge in ein Ende des Sootkörpers stabil eingebettet wird. Hierzu erstreckt sich der Träger durch die Hülse hindurch, wobei er mittels Abstandhaltern, die in den Spalt zwischen der Hülse und Träger eingeklemmt sind, geometrisch fixiert wird. Hülse und Träger bestehen beispielsweise aus Aluminiumoxid, Graphit oder aus Quarzglas. Während der Abscheidung wird sowohl der Träger als auch ein Teil der Hülse in den sich aufbauenden Rohling eingebettet. Nach dem Abscheiden wird der Träger entfernt und der Rohling kann für die weitere Bearbeitung an der eingebetteten Hülse in vertikaler Ausrichtung hängend gehalten werden. Durch Spiel bei der Bewegung (Rotation) des Trägers kann es dazu kommen, dass der Spalt zwischen Träger und Hülse aufreißt oder vom abgeschiedenen SiO_2 -Material nicht überbrückt werden kann, so dass die Hülse nicht oder unzureichend im Rohling eingebettet

ist. Daher ist eine sorgfältige Abstimmung der Maße von Hülse und Träger, eine genaue Einhaltung von Maßtoleranzen und eine aufwendige Justage erforderlich, was die Herstellung und den Einsatz des bekannten Halters – insbesondere wenn dieser aus Quarzglas besteht – erschwert.

[0009] Ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung sind aus der EP-A 701 975 bekannt. Darin wird ein Verfahren zum Sintern eines Sootzylinders vorgeschlagen, bei welchem dieser in vertikaler Ausrichtung auf einem Haltefuß stehend einer Erhitzungszone zugeführt und darin bereichsweise gesintert wird. Dabei erstreckt sich durch die Innenbohrung des Sootzylinders ein Stützrohr aus porösem Graphit, auf das der Sootzylinder beim Verglasen aufschumpft. Eine Besonderheit des bekannten Verfahrens besteht darin, dass sich der Sootzylinder beim Sintern selbst aufhängt. Dies wird dadurch erreicht, dass im oberen Bereich der Innenbohrung ein ihren Innendurchmesser verengender, umlaufender Stützring eingeschraubt ist, der aufgrund der Längenkontraktion des Sootzylinders im Verlauf des Sintervorgangs auf der oberen Stirnseite des Stützrohres aufsetzt. Dabei hebt der Sootzylinder vom Haltefuß ab, so dass der weitere Sinterprozess mit vertikal hängendem Sootzylinder erfolgt.

[0010] Durch die Befestigung des Stützrings in der Innenbohrung des Sootzylinders kann es zu unerwünschtem Abrieb kommen. Verunreinigungen aus dem Graphit des Stützrohres können in den Sootzylinder gelangen, insbesondere durch den direkten Kontakt zwischen Stützring und der Innenbohrung des Sootzylinders.

[0011] Nach dem Verglasen der bekannten Sootzylinder werden diese zur Herstellung von optischen Vorformen eingesetzt. Diese weisen bekanntlich eine lichtführende Struktur auf, die durch eine koaxiale Aufeinanderfolge von Quarzglasschichten unterschiedlicher Brechzahl gebildet wird. Aus den Vorformen werden optische Fasern gezogen. Deren optische Dämpfung wird wesentlich durch den Verunreinigungsgehalt des Quarzglases der Vorformen, insbesondere von Verunreinigungen im lichtführenden Bereich, beeinflusst.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die eingangs genannten Verfahren so zu verbessern, dass beim Verglasen auch schwere Rohlinge ohne komplizierte Haltevorrichtungen sicher und weitgehend ohne Gefahr einer Verunreinigung der Innenbohrung gehalten werden können und eine geeignete Haltevorrichtung dafür anzugeben. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Hohlzylinder aus Quarzglas mit einer hochreinen Innenbohrung anzugeben, und ein optisches Bauteil aus Quarzglas bereitzustellen, das sich durch einen geringen Verunreinigungsgehalt auszeichnet.

[0013] Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Verengung durch Formung der Innenbohrung beim Abscheiden der SiO_2 -Partikel erzeugt wird, und dass zum Verglasen eine in die Innenbohrung ragende Aufhängung eingesetzt wird, auf die sich die Verengung abstützt.

[0014] Erfindungsgemäß wird eine Verengung der Innenbohrung bereits während des Abscheideprozesses, durch die Gestaltung der Innenbohrung, erzeugt. Eine nachträgliche Bearbeitung des porösen Rohlings zur Befestigung eines Halteelements und der damit stets einhergehende Abrieb wird so vermieden. Dadurch, dass eine Verengung der Innenbohrung bei deren Formung erzeugt wird, ist auch ein Einbetten eines Halteelements – wie oben zum Stand der Technik erläutert – nicht erforderlich. Dies wird im folgenden begründet.

[0015] Die bei der Formung der Innenbohrung erzeugte

Verengung dient beim Verglasen des Rohlings als Widerlager für eine Aufhängung. Diese wird erst zum Verglasen in die Innenbohrung eingebracht. Dabei ragt die Aufhängung in die Innenbohrung hinein, derart, dass sich die vorher – beim Abscheideprozess – erzeugte Verengung auf der Aufhängung abstützt. Dadurch wird ein sicherer Halt des Rohlings gewährleistet, ohne dass ein Halteelement in den Rohling eingebettet oder daran befestigt ist.

[0016] Auch die Gefahr von Verunreinigungen des Rohlings entfällt, da die Verengung der Innenbohrung aus artem Material gebildet ist.

[0017] Vorzugsweise wird die Verengung dadurch erzeugt, dass beim Abscheiden der SiO_2 -Partikel ein Träger eingesetzt wird, der über seine Länge gesehen in einem Verjüngungsbereich eine Verringerung seines Außendurchmessers aufweist, wobei das Abscheiden der SiO_2 -Partikel ein Abscheiden auch im Verjüngungsbereich umfasst. Die Verringerung des Außendurchmessers im Verjüngungsbereich bewirkt die Verengung der Innenbohrung des Rohlings. Bei der Verringerung des Außendurchmessers handelt es sich um eine allmähliche Verjüngung des Träger-Außendurchmessers oder um eine stufenweise Verkleinerung. Die Verringerung des Außendurchmessers ist in bezug auf die Träger-Längsachse rotationssymmetrisch, symmetrisch oder unsymmetrisch. Sie kann beispielsweise in einer einseitigen Abflachung der Träger-Mantelfläche bestehen. Wesentlich ist lediglich, dass Hinterschneidungen vermieden werden, die das Herausziehen des Trägers nach dem Abscheideprozess erschweren würden. Es sind eine oder mehrere Verjüngungsbereiche vorgesehen. Die SiO_2 -Partikel werden auch im Verjüngungsbereich abgeschieden, so dass der sich bildende Rohling mindestens eine Verringerung des Träger-Außendurchmessers überdeckt.

[0018] Es hat sich als besonders günstig erwiesen, die Verringerung des Außendurchmessers rotationssymmetrisch in Bezug auf die Längsachse des Trägers auszubilden. Eine derartige Verringerung des Außendurchmessers bewirkt eine rotationssymmetrische, radial umlaufende Verengung der Innenbohrung, wodurch eine stabile Halterung gewährleistet wird.

[0019] Besonders geeignet ist eine Verringerung des Außendurchmessers, die einen umlaufenden Absatz umfasst. In diesem Fall weist die Verengung der Innenbohrung einen entsprechenden radial umlaufenden Absatz auf. Auf diese einfache Art und Weise wird eine definierte und stabile Halterung des Rohlings ermöglicht.

[0020] In einer besonders bevorzugten Verfahrensvariante ragt die Aufhängung von oben in die Innenbohrung hinein, so dass sie die Verengung untergreift. Dadurch, dass die Aufhängung von oben in die Innenbohrung eingreift, erlaubt sich weitgehend eine Haltevorrichtung innerhalb der Innenbohrung, wie etwa das beim gattungsgemäßen Verfahren eingesetzte "Stützrohr". Verunreinigungen innerhalb der Innenbohrung und ein Kontakt der Wandung der Innenbohrung mit einem Fremdmaterial werden so weitgehend vermieden. Im einfachsten Fall weist die Innenbohrung eine stufenweise Durchmesserverengung auf, wobei die Aufhängung – ähnlich einer Garnrolle ausgebildet – einen Haltefuß umfasst, dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser der Innenbohrung, aber größer als der Innendurchmesser im Bereich der Durchmesserverengung, und der mit einem stabförmigen Halter verbunden ist, dessen Außendurchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser im Bereich der Durchmesserverengung.

[0021] Eine weitere Verbesserung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird dadurch erreicht, dass mindestens ein Teil der Aufhängung aus Quarzglas besteht. Vorteilhafterweise bestehen diejenigen Teile der Aufhängung in unmittelbarer

Nähe des Rohlings aus Quarzglas.

[0022] Weiterhin hat es sich als günstig erwiesen, die Aufhängung mit dem Rohling beim Verglasen zu verschmelzen. Dadurch wird eine innige und besonders feste Verbindung erreicht, die eine sichere Handhabung des Rohlings gewährleistet.

[0023] Hinsichtlich des Hohlzylinders wird die oben angegebene Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass er nach dem Verglasen eine werkzeugfrei geformte Innenbohrung aufweist.

[0024] Die Innenbohrung des Hohlzylinders erhält ihre Form beim Verglasen nach dem oben beschriebenen Verfahren. Erfindungsgemäß wird die Innenbohrung durch werkzeugfreie Formung erhalten. Eine werkzeugfreie Formung bedeutet, dass beim Verglasen ein Kontakt der Wandung mit einem innerhalb der Innenbohrung angeordneten Bauteil – etwa einer Haltestange – vermieden wird, so dass eine Innenwandung hoher Qualität mit glatter, schädigungsfreier Innenoberfläche ausbildet, die sich darüberhinaus durch einen geringen Verunreinigungsgehalt auszeichnet.

[0025] Aufgrund der schädigungs- und verunreinigungs-freien Innenbohrung eignet sich der so erhaltene Hohlzylinder zum Herstellen von sogenannten "Substratrohren". Diese werden zur Herstellung von optischen Vorformen durch Innenabscheidung von Kernmaterial auf der Innenwandung des Substratrohres ("MCVD-Verfahren" oder "PCVD-Verfahren") verwendet. Der Hohlzylinder ist aber auch in Form eines sogenannten "Jacketrohres" zum Überfangen von Kernstäben zum Zweck des Aufbringens von zusätzlichem Mantelmaterial geeignet.

[0026] Hinsichtlich des optischen Bauteils wird die oben angegebene Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass mindestens ein Teil der Quarzglasschichten aus einem erfindungsgemäßen Hohlzylinder hergestellt ist.

[0027] Bei dem optischen Bauteil handelt es sich um einen sogenannten Kernstab, eine optische Vorform oder um eine optische Faser. Da mindestens ein Teil der Quarzglasschichten des optischen Bauteils aus dem erfindungsgemäßen Quarzglasrohr hergestellt sind, zeichnet es sich durch einen geringen Verunreinigungsgehalt aus. Die aus einer erfindungsgemäßen Vorform gezogenen oder unter Einsatz eines erfindungsgemäßen Kernstabs erhaltenen optischen Fasern zeigen daher eine geringe optische Dämpfung.

[0028] Hinsichtlich der Vorrichtung wird die oben genannte Aufgabe ausgehend von der eingangs genannten Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Träger über eine erste Teillänge einen ersten, größeren Außendurchmesser, und über eine zweite Teillänge einen zweiten, kleineren Außendurchmesser aufweist, und dass die Aufhängung eine längliche Handhabe, die mit einer Verdickung verbunden ist, umfasst, wobei der Durchmesser des Hüllkreises um den Außenquerschnitt der Handhabe – in Längsrichtung gesehen – kleiner ist als der zweite Außendurchmesser, und wobei der Durchmesser des Hüllkreises um den Außenquerschnitt der Verdickung – in Längsrichtung gesehen – kleiner ist als der erste Außendurchmesser und größer als der zweite Außendurchmesser ist.

[0029] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ergibt sich erst durch die aufeinander abgestimmte Formgebung zweier getrennter Bauteile, nämlich einerseits dem Träger, auf dem SiO_2 -Partikel unter Bildung eines Rohlings abgeschieden werden, und andererseits der Aufhängung, die beim Verglasen in die Innenbohrung des Rohlings eingreift. Durch die Außenform des Trägers erhält der Rohling eine Innenbohrung, die über eine erste Teillänge einen größeren Durchmesser und über eine zweite Teillänge einen kleineren Durchmesser aufweist, wobei der Übergang zwischen größerem zum kleineren Durchmesser als "Verengung" be-

zeichnet wird, wie dies oben anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens näher beschrieben ist. Diese Verengung wiederum dient als Widerlager für die Aufhängung. Hierzu weist die Aufhängung eine Handhabe auf, die durch diejenige Teillänge der Innenbohrung mit dem kleineren Durchmesser hindurchpasst, und die mit einer Verdickung verbunden ist, die zwar durch diejenige Teillänge der Innenbohrung mit dem größeren, jedoch nicht durch diejenige Teillänge der Innenbohrung mit dem kleineren Durchmesser hindurchpasst. Mittels der Aufhängung kann der Rohling in vertikaler Ausrichtung gehalten werden, wobei die Verdickung der Aufhängung die Verengung der Innenbohrung untergreift. Sowohl Aufhängung als auch Träger sind einfach gestaltet.

[0030] Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn der Träger zwischen der ersten Teillänge und der zweiten Teillänge, und die Aufhängung zwischen der Handhabe und der Verdickung jeweils einen umlaufenden Absatz aufweisen. Ein derartiger Absatz lässt sich besonders einfach herstellen und er gewährleistet eine reproduzierbare Halterung des Rohlings beim Verglasen in vertikaler Ausrichtung.

[0031] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung im einzelnen

[0032] Fig. 1 den Verfahrensschritt des Abscheidens eines porösen Rohlings unter Einsatz eines stufenförmigen Trägerrohres,

[0033] Fig. 2 den Verfahrensschritt des Verglasens des Rohlings.

[0034] Fig. 1 zeigt schematisch den Verfahrensschritt des Abscheidens eines porösen Rohlings 1 unter Einsatz eines stufenförmigen Trägerrohres 3. Der Rohling 1 wird hierbei mittels des bekannten Flammenhydrolyseverfahrens durch Außenabscheidung von SiO_2 -Partikeln auf dem um seine Längsachse 2 rotierenden Trägerrohr 3 mittels eines oder mehrerer, entlang der Oberfläche des sich bildenden Rohlings 1 bewegter Abscheidebrenner (in Fig. 1 nicht dargestellt) hergestellt.

[0035] Das Trägerrohr 3 weist über den ersten, größeren Längenabschnitt 4 und einen zweiten, kürzeren Längenabschnitt 5 auf. Der Außendurchmesser im Längenabschnitt 4 von 60 mm verringert sich in einer umlaufenden Stufe 6 auf einen Außendurchmesser von 54 mm im Längenabschnitt 5 des Trägerrohres 3.

[0036] Nach Beendigung des Abscheideprozess wird das Trägerrohr 3 entfernt, indem es in Richtung des Längenabschnitts 4 aus dem Rohling 1 herausgezogen wird. Der so erzeugte Rohling 1 weist eine Innenbohrung 7 auf, die im wesentlichen einen Innendurchmesser von 60 mm aufweist, der jedoch im Bereich des Längenabschnitts 5b (siehe Fig. 2) über eine Länge von 10 cm um 6 mm verringert ist. Der durch die Stufe 6 erzeugte umlaufende Absatz in der Innenbohrung des Rohling 1 ist in Fig. 2 mit der Bezugsziffer 6b bezeichnet.

[0037] In Fig. 2 ist schematisch der Verfahrensschritt des Verglasens des Rohlings 1 dargestellt. Hierzu wird der nach dem oben beschriebene Abscheideprozess erhaltene, eine stufenförmige Innenbohrung 7 aufweisende Rohling 1 in vertikaler Ausrichtung zonenweise – mit dem oberen Ende beginnend – in einem Verglasungssofen erhitzt. Dabei wird der Rohling 1 mittels einer Aufhängung 8 gehalten, die aus einem Stab 9 aus Quarzglas besteht, der zentrisch mit einer kreisförmigen Quarzglasplatte 10 verschweißt ist. Der Außendurchmesser der Quarzglasplatte 10 beträgt etwa 59 mm; der des Quarzglasstabs 9 etwa 30 mm.

[0038] Die Aufhängung 8 wird von unten in den Rohling 1

eingeführt und bis zum Anschlag an den Absatz 6b nach oben durchgezogen. Der Quarzglasstab 9 hat eine Länge von 50 cm, so dass er sich durch den gesamten Längenabschnitt 5b erstreckt und aus dem oberen Ende 11 des Rohlings 1 herausragt. Da die Quarzglasplatte 10 den Absatz 6b untergreift, kann der Rohling 1 mittels der Aufhängung 8 sicher gehalten werden. Der bei der Formung der Innenbohrung 7 erzeugte Absatz 6b dient beim Verglasen des Rohlings 1 als Widerlager für die Aufhängung 8.

[0039] Aus dem Rohling 1 wird durch Verglasen ein Quarzglas-Hohlzylinder erhalten. Während des Verglasens wird ein Teil der Aufhängung 8 (Quarzglasplatte 10 und ein Teil des Quarzglasstabs 9) mit dem Rohling 1 verschmolzen, so dass eine feste und innige Verbindung zwischen Rohling 1 und Aufhängung 8 gewährleistet wird.

[0040] Da der Absatz 6b bei der Formung der Innenbohrung 7 erzeugt wird, erübrigt sich eine nachträgliche Befestigung eines Halteelements, so dass Abrieb und ein Einbringen von Verunreinigungen vermieden werden. Die Aufhängung 8 wird erst nach dem Abscheideprozess in die Innenbohrung 7 eingesetzt, wobei sie mit dem vorher erzeugten Absatz 6b zusammenwirkt. Daher erübrigt sich auch ein Einbetten eines Halteelements in den Rohling, wie dies im Stand der Technik bekannt ist.

[0041] Alternativ zu dem in Fig. 1 dargestellten Träger 3 mit der Stufe 6, ist in einem weiteren Ausführungsbeispiel ein Übergangsbereich vorgesehen, in welchem sich der Außendurchmesser des Trägerrohres 3 vom Längenabschnitt 4 von einem Außendurchmesser von 60 mm zum Längenabschnitt 5 mit einem Außendurchmesser von 54 mm konisch verjüngt. Der mittels dieses Trägers geformte Rohling weist dementsprechend einen Innenkonus auf. Zur Halterung des Rohlings beim Verglasen wird von unten ein Halteelement eingeführt, das einen dem Innenkonus entsprechenden Außenkonus aufweist.

[0042] Der so hergestellte Quarzglas-Hohlzylinder ist für einen Einsatz als "Jacketrohr" zum Überfangen eines Kernstabs mit Quarzglas-Mantelmaterial geeignet, oder er wird zu einem sogenannten "Substratrohr" zur Verwendung bei der Herstellung von optischen Vorformen für Lichtwellenleiter nach dem sogenannten MCVD-Verfahren weiterverarbeitet. Die unter Einsatz des erfindungsgemäßen Hohlzylinders hergestellten Vorformen und optischen Fasern zeichnen sich durch eine geringe optische Dämpfung aus.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Hohlzylinders aus Quarzglas, umfassend ein Abscheiden von SiO_2 -Partikeln auf einem länglichen, um seine Längsachse rotierenden Träger unter Bildung eines porösen, hohlzylindrischen Rohlings, und Verglasen des in vertikaler Ausrichtung in einem Ofen hängenden Rohlings unter Einsatz einer Aufhängung, die an einer im oberen Bereich der Innenbohrung des Rohlings vorgesehenen Verengung angreift, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verengung (6b) durch Formung der Innenbohrung (7) beim Abscheiden der SiO_2 -Partikel erzeugt wird, und dass zum Verglasen eine in die Innenbohrung (7) ragende Aufhängung (8; 9; 10) eingesetzt wird, auf die sich die Verengung (6b) abstützt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verengung (6) erzeugt wird, indem beim Abscheiden der SiO_2 -Partikel ein Träger (3) eingesetzt wird, der über seine Länge gesehen in einem Verjüngungsbereich (6) eine Verringerung seines Außendurchmessers aufweist, wobei das Abscheiden der SiO_2 -Partikel ein Abscheiden auch im Verjüngungsbe-

reich (6) umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verringerung des Außendurchmessers rotationssymmetrisch in Bezug auf die Längsachse (2) des Trägers (3) ausgebildet ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verringerung des Außendurchmessers einen umlaufenden Absatz (6) umfasst.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufhängung (8; 9; 10) von oben (11) in die Innenbohrung (7) hineinragt, so dass sie die Verengung (6b) untergreift.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der Aufhängung (8; 9; 10) aus Quarzglas besteht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufhängung (8; 9; 10) mit dem Rohling (1) beim Verglasen verschmolzen wird.

8. Hohlzylinder, erhalten nach einem Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass er nach dem Verglasen eine werkzeugfrei geformte Innenbohrung (7) aufweist.

9. Optisches Bauteil aus Quarzglas, umfassend eine lichtführende Struktur, die durch eine koaxiale Aufeinanderfolge von Quarzglasschichten unterschiedlicher Brechzahl gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der Quarzglasschichten aus einem Hohlzylinder nach Anspruch 8 hergestellt ist.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit einem um seine Längsachse rotierbaren, im wesentlichen zylinderförmigen Träger, auf dessen Zylindermantelfläche SiO₂-Partikel unter Bildung einer Innenbohrung aufweisenden, porösen Rohlings abgeschieden werden, und mit einer in die Innenbohrung eingreifenden Aufhängung zur Halterung des Rohlings in vertikaler Ausrichtung während eines Verglasungsschritts, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (3) über eine erste Teillänge (4) einen ersten, größeren Außendurchmesser, und über eine zweite Teillänge (5) einen zweiten, kleineren Außendurchmesser aufweist, und dass die Aufhängung (8) eine längliche Handhabe (9), die mit einer Verdickung (10) verbunden ist, umfasst, wobei der Durchmesser des Hüllkreises um den Außenquerschnitt der Handhabe (9) – in Längsrichtung gesehen – kleiner ist als der zweite Außendurchmesser, und wobei der Durchmesser des Hüllkreises um den Außenquerschnitt der Verdickung (10) – in Längsrichtung gesehen – kleiner als der erste Außendurchmesser und größer als der zweite Außendurchmesser ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (3) zwischen der ersten (4) Teillänge und der zweiten Teillänge (5), und die Aufhängung (8) zwischen der Handhabe (9) und der Verdickung (10) jeweils einen umlaufenden Absatz (6) aufweisen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

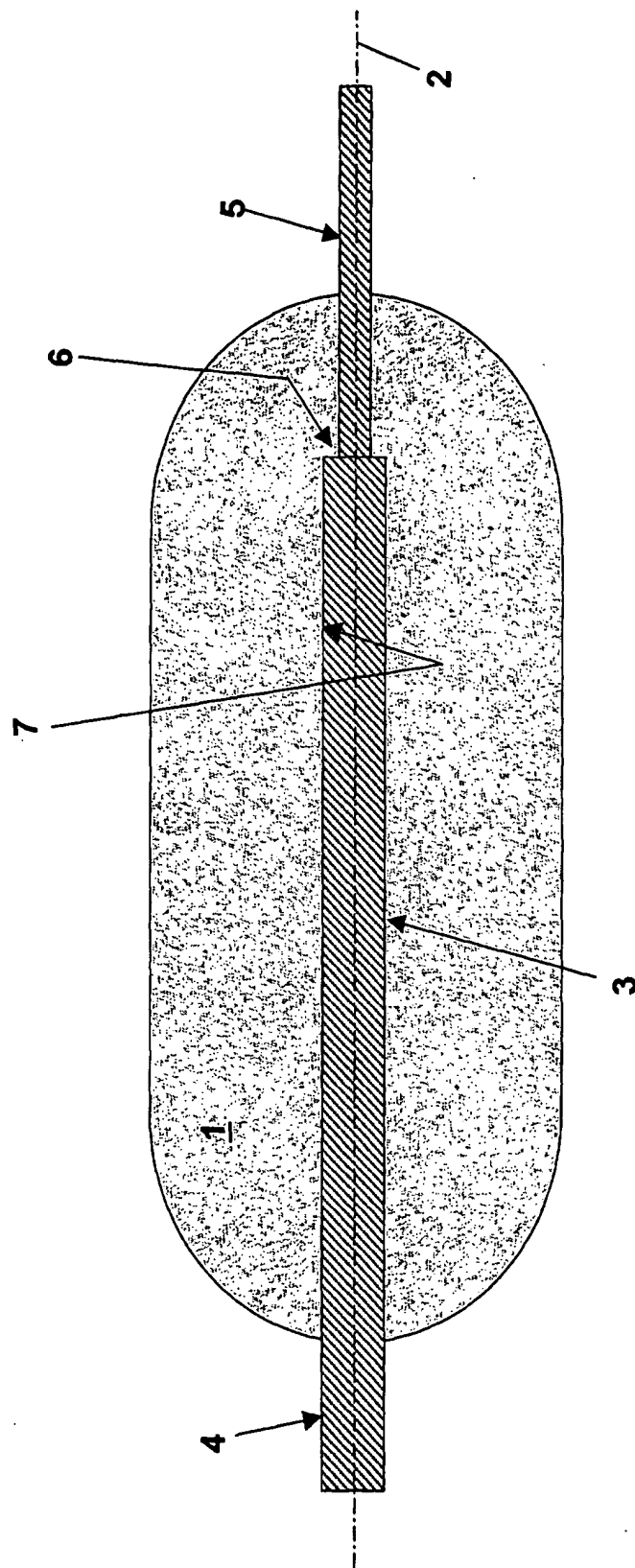


Fig. 1

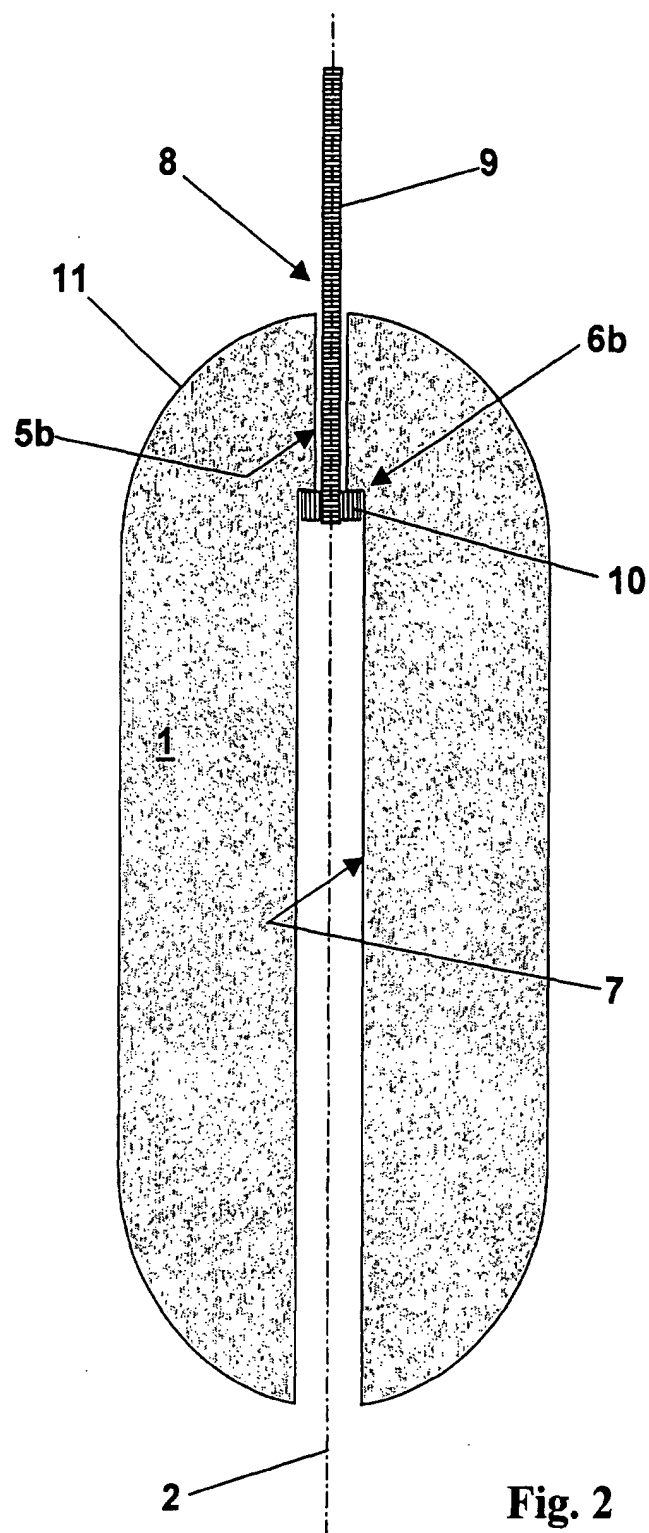


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.